



Betonielementtikerrostalon mallinnus

Eemil Reunanen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talonrakennustekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talonrakennustekniikka

REUNANEN, EEMIL:
Betonielementtikerrostalon mallinnus

Opinnäytetyö 48 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Toukokuu 2020

Opinnäytetyön tutkitaan CADMATIC Building 18 -mallinnusohjelman ominaisuuksia betonielementtikerrostalon mallinnuksessa. Työssä tutkitaan myös mallinnuksen tuoman ylimääräisen työn vaikutuksia suunnittelutyön kannattavuuteen.

Opinnäytetyössä käsitellään Senaattikiinteistöjen laatimia yleisiä tietomallivaatimuksia, tietomallinnuksesta saatavia hyötyjä rakennushankkeen eri osapuolille, CADMATIC Building 18 -ohjelman käytettävyyttä, laajuutta ja riittävää tarkkuutta sekä mallinnuksen yleisiä taloudellisia vaikutuksia suunnittelutyöhön huomioiden mallinnuksesta saatavat edut tai haitat suunnittelussa. Yleisistä tietomallivaatimuksista keskitytään lähinnä rakennesuunnittelijalle kohdennettuihin osiin. Opinnäytetyössä mallinnetaan betonielementtikerrostalo ja tutkitaan CADMATIC -mallinnusohjelman mallinnustyökalujen toimivuutta rakenteiden mallinnuksessa.

Yritys on aikaisemmin ulkoistanut mallinnuksen, ja kyseinen projekti on yritykselle ensimmäinen sisäisesti mallinnettu kohde. Perinteistä 2D-rakennesuunnittelua ja mallintamalla tehtyä suunnittelua verrattiin toisiinsa. Vertailussa arvioitiin mallinnukseen kulunutta aikaa mallinnussuunnittelun korkeampaan neliöhintaan nähden. Mallinnettavan kohteen arvioitua tuottoa verrattiin perinteisesti suunniteltuihin vastaaviin kohteisiin ja niiden toteutuneisiin tuloksiin.

CADMATIC -mallinnusohjelmasta löytyy vielä kehitettävää, jotta mallinnus sujuisi mutkattomasti. Ohjelmassa ilmenneitä epäkohtia pystytään kiertämään erilaisin keinoin käyttämällä muita kuin rakenneosan mallintamiseen tarkoitettuja työkaluja. Kokemattomalle käyttäjälle epäkohdat ovat hidastava tekijä ja ne vaativat ohjelman kehittäjiltä parannuksia. CADMATIC Building 18 -ohjelmasta löytyy kuitenkin potentiaalia yrityksen käyttöön ja tietomallinnuksen kehitystä jatketaan tällä ohjelmalla.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building Construction

REUNANEN, EEMIL:
Modeling a Precast Concrete Apartment Building

Bachelor's thesis 48 pages, appendices 1 page
May 2019

The purpose of this thesis was to study the properties of the CADMATIC Building 18 BIM software in the modeling of a precast concrete apartment building. In addition, the effects of the extra work brought by modeling on the profitability of structural engineering were examined.

The study covers common BIM requirements developed by Senate properties, the benefits of data modeling for the various participants of a construction project, the usability of the CADMATIC Building 18 BIM software, and the economic effects of modeling on structural engineering. The focus in the discussion on common BIM requirements is mainly on the parts concerning structural engineers. In the thesis, a precast concrete apartment building was modeled using the CADMATIC modeling program. The functionality of CADMATIC in structural engineering modeling was also examined.

Previously the cooperating company had outsourced modeling. This project was the first internally modeled project for the company. Traditional 2D structural engineering and structural engineering modeling were compared in terms of cost-effectiveness.

The CADMATIC modeling program was used in this study to assess whether it is a usable and developable BIM software tool for the company's needs. There is still room for improvement in the usability of the software. While the problem areas of CADMATIC can be evaded by using the program's features creatively, they are a slowing factor for inexperienced users and changes to the software are required from the developers to address the problem. Despite this, the CADMATIC Building 18 software has potential to fulfill company's needs and it will be used for the development of building information modeling in the company.

Key words: building information model, CADS, structural engineering

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TIETOMALLINTAMINEN	8
3	TIETOMALLIVAATIMUKSET	10
	3.1 Yleisesti.....	10
	3.2 Rakennesuunnittelija.....	11
	3.3 Laadunvarmistus.....	13
4	BEC2012	15
5	MALLINNUSOHJELMAT	16
	5.1 CADMATIC Building.....	16
	5.2 Revit.....	16
	5.3 Tekla Structures	17
	5.4 ProdLib.....	17
	5.5 IFC	17
	5.6 Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus	18
	5.7 Pistepilvi	19
6	MALLINTAMISEN HYÖDYT	20
	6.1 Työmaalle	20
	6.2 Käyttö ja ylläpito	21
	6.3 Suunnittelijalle	22
7	KOHTEEN MALLINNUS	23
	7.1 Antura	25
	7.2 Alapohja	27
	7.3 Seinätyökalu	28
	7.4 Sokkeli	30
	7.5 Ikkunat ja ovet.....	31
	7.6 Massiivi- ja parvekelaatat.....	32
	7.7 Pilarit	34
	7.8 Paikallavaluholvi.....	35
	7.9 Hormielementti	35
	7.10 Portaat	37
	7.11 Parvekepielet.....	37
	7.12 Vesikatto.....	37
	7.13 IFC-vienti	38
8	KANNATTAVUUSVERTAILU	40
9	POHDINTA	42
	LÄHTEET.....	46

LIITTEET	48
Liite 1. Kohteen IFC-malli.....	48

ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)

AR	Lisätty todellisuus (Augmented reality)
BIM	Rakennuksen tietomalli (building information model)
GUID-tunniste	Rakenneosan yksilöllinen tunniste koodi (Globally unique identifier)
ISO	kansainvälinen standardisointijärjestö (International Organization for Standardization)
Natiivimalli	Mallinnuksessa käytetyn ohjelmiston oma tiedostomuoto
Objekti	Rakenneosa, jota ohjelma käsittelee yhtenä kokonaisuutena
VR	Virtuaalinen todellisuus (Virtual reality)

1 JOHDANTO

Tietomallinnusta joudutaan usein tarjoamaan osana rakennesuunnittelua, koska tilaaja tai rakennuttaja vaatii sitä jo tarjousvaiheessa. Mallinnuksen ulkoistaminen on kallista, joten se on kannattavaa sisällyttää suunnittelutoimiston omaan suunnitteluprosessiin. Opinnäytetyö keskittyy lähinnä tavanomaiseen betonielementtikerrostalon uudiskohteen mallintamiseen. Opinnäytetyössä mallinnetun kohteen mallinnustarkkuus on matala, mutta lähes kaikki kohteen liitokset, rakennesosat, rakenteet ja elementointi tehdään vaatimusta tarkemmin. Vaatimusta tarkemmin mallinnettaessa tutkitaan mahdollisuutta tarkimman vaatimuksen mukaisen malli luomiseen ohjelmalla. Mallinnuksen suurin hyöty suunnittelun näkökulmasta saadaan eri suunnittelualojen tietomalleista tehtävällä yhdistelymallilla, jossa tavoitteena on huomata aikaisessa vaiheessa ilmenevät ristiriitaisuudet. Nämä ristiriitaisuudet pystytään välttämään perinteiselläkin suunnittelulla aktiivisesti keskustelemalla ja tietoa jakamalla. Tietomallista kuitenkin saadaan helposti hahmotettava visuaalinen varmistus. Tämän avulla löydetään helposti suunnitelmien ristiriitoja, esimerkiksi estetään, että läpivienti tulisi kantavan palkin läpi ja heikentäisi palkin kantavuutta.

Yleisistä tietomallivaatimuksista selvitetään rakennesuunnittelijan mallinnustarkkuustasoja ja miten rakennesuunnittelija pitää huolen tietomallin laadusta ja luotettavuudesta. Mallinnuksen nopeuttamiseksi ja lopullisen mallinnuksen tarkasteluun on monia apuvälineitä, joita käydään läpi opinnäytetyössä.

Opinnäytetyössä käydään läpi CADMATIC Building 18 -ohjelman mallinnukseen tarkoitetut rakennesuunnittelutyökalut ja niiden käyttö. Työssä myös neuvotaan, millä vaihtoehtoisella työkalulla kohteessa olleen rakenteen, jolle ei ollut omaa työkalua, voi mallintaa. Mallinnusohjelman versiossa 18 ilmenneitä epäkohtia käydään läpi ja opastetaan, miten niitä pystyy kiertämään, jotta mallista saadaan viimeistelty lopputulos.

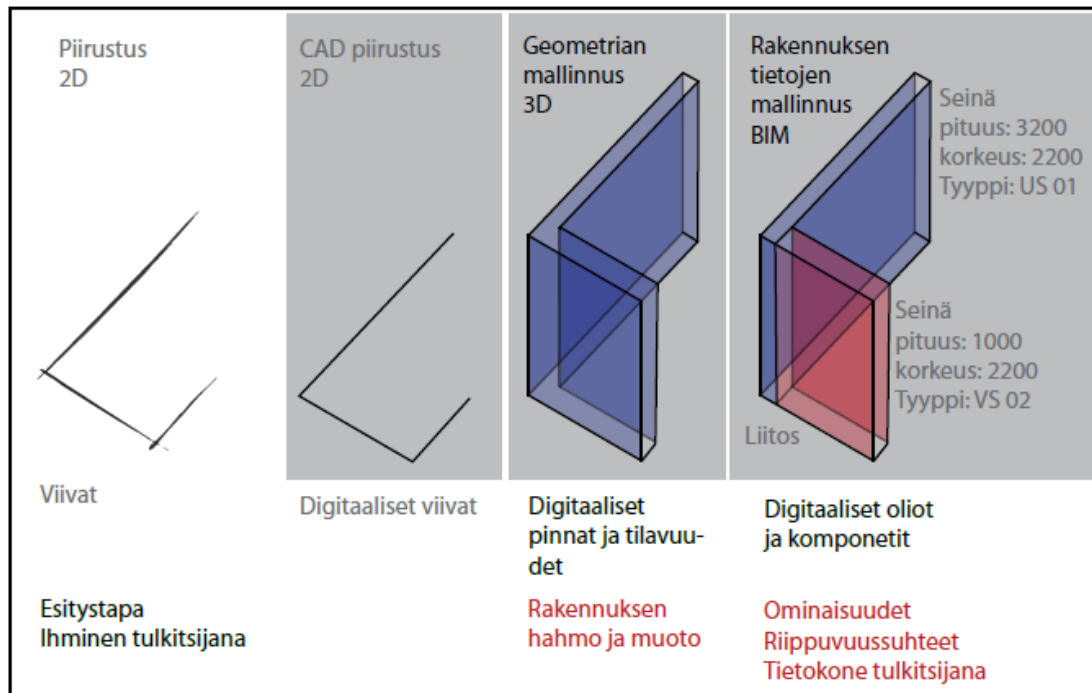
Mallinnuksen kannattavuudesta tehtiin myös kannattavuusvertailu. Vertailussa tutkittiin yrityksen saamaa tuottoa opinnäytetyössä mallinnetusta kohteesta verrattuna aikaisempiin yrityksen suunnittelemiin kohteisiin. Aikaisemmissa kohteissa ei ole ollut mallinnusta vaan pelkkä rakennesuunnittelu.

2 TIETOMALLINTAMINEN

Tietomalli on digitaalisessa muodossa oleva kokonaisuus (kuva 1), mikä sisältää rakennuksen koko elinkaaren ja rakennusprosessin aikaista tietoa. BIM on tietomallintamisesta käytettävä kansainvälinen lyhenne. Tietomallintamista ei pidä sekoittaa 3D-mallintamiseen, ne ovat eri asia. 3D-mallissa esitetään rakennuksen geometriset muodot ja ulkonäkö kolmiulotteisesti, kun taas tietomalli sisältää edellä mainittujen lisäksi määrä-, ominaisuus-, sijainti-, maantieteellistä ja rakenteellista tietoa. (Paappanen, 2011, 7.)

Tietomalliin voidaan lisätä myös neljäs ja viides ulottuvuus eli 4D ja 5D. 4D-suunnittelussa tietomallissa esitetään aika, värikoodaamalla rakenneosat. 5D-suunnittelu sisältää lisäksi tietomallin kustannusohjauksen. (Kuokkanen, 2016, 11.)

Senaattikiinteistöt on laatinut vuonna 2007 arkkitehtisuunnitelmia koskevat mallinnusvaatimukset. Vuonna 2009 mallinnusvaatimukset laajennettiin koskemaan kaikkia suunnittelualoja. Sittemmin Senaattikiinteistöt on laatinut tällä hetkellä käytössä olevat Yleiset tietomallivaatimukset vuonna 2012. (Karjalainen. 2010.)



Kuva 1. Objektin tarjoaman informaation kehitys. (Lemponen, 2011, 12.)

3 TIETOMALLIVAATIMUKSET

Senaattikiinteistöjen laatimat yleiset tietomallivaatimukset on laadittu yhdenmu-
kaistamaan eri suunnittelutoimistojen tietomalleja, tietomallinnuksen nopean käy-
tön kasvamisen takia. Tässä luvussa on tarkoitus käydä läpi yleisten tietomalli-
vaatimusten asettamia vaatimuksia rakennesuunnittelijalle.

3.1 Yleisesti

Koska tietomalleja käytetään koko ajan enenevässä määrin työmailla, kehitettiin
niitä varten yleiset tietomallivaatimukset. Yleiset tietomallivaatimukset helpottavat
tilaajaa määrittämään kohteen mallinnustarkkuuden. Niitä voidaankin käyttää vä-
himmäisvaatimuksena mallinnustarkkuudelle. Mallinnustarkkuus voidaan erik-
seen sopia tarkemmaksi, jos sille on tarvetta.

Tietomallin objektien mallinnukseen käytettävä mallinnusohjelman työkalu tulee
valita mallinnettavan objektin varsinaisen käyttötarkoituksen mukaan. Esimer-
kiksi seinät mallinnetaan seinätyökalulla, jotta tietomallista saataisiin oikea tulos
muun muassa määrälaskennassa. Jos rakennusosalle ei ole omaa työkalua, käy-
tetään sopivinta työkalua. Tällöin mallinnustapa tulee dokumentoida tietomal-
liselostukseen. Yleensä käyttäjä, tilaaja ja työmaa käsittelevät suunnitelmia ker-
roksittain. Tämän takia kaikkien suunnittelualojen tulisi mallintaa rakennukset
kerroksittain, vaikka muut mallinnustavat olisivat mahdollisia. Kerroksittain mal-
lintamisesta voidaan kuitenkin poiketa, jos se on niin järkevämpää.

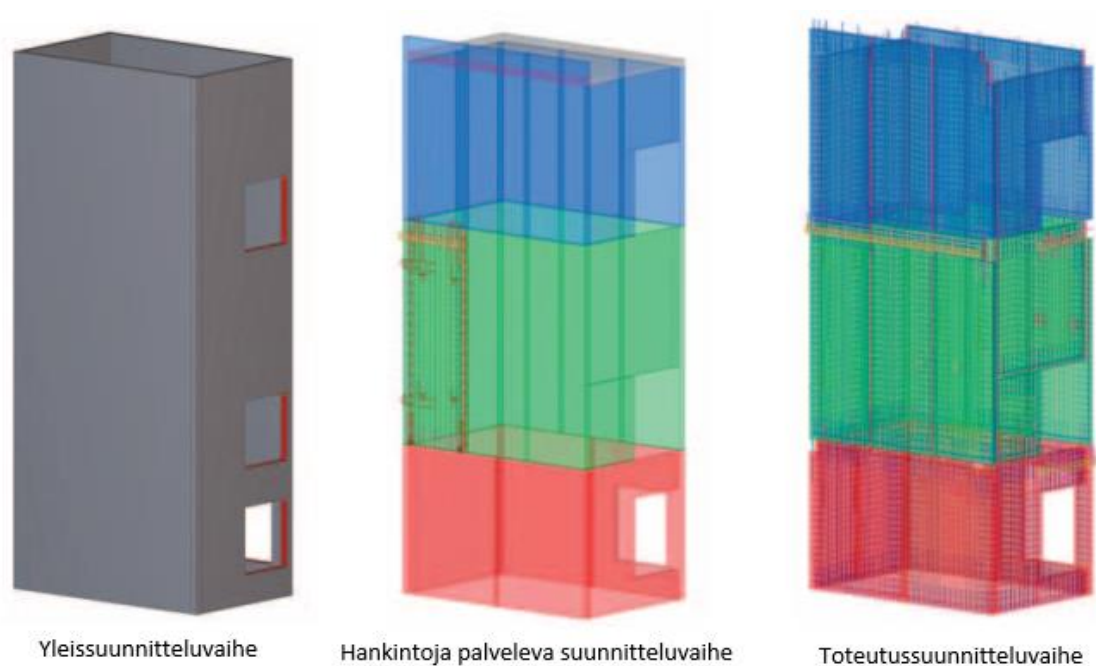
(RT 10-11066, 2012, 4-5.)

Jokaisen tietomallin liitteenä tulee olla tietomalliselostus. ”Tietomalliselostus on
kunkin suunnittelualan ylläpitämä kuvaus mallin sisällöstä, käytetyistä mallinnus-
tavoista ja mahdollisista poikkeamista yleisiin vaatimuksiin tai mallinnustapoihin
nähdén” (RT 10-11066, 2012, 4). Tietomalliselosteesta muut osapuolet näkevät
muun muassa mallin sen hetkisen valmiusasteen, miten mallin rakenneosat on
nimetty ja rakenneosien mallinnustarkkuuden.

3.2 Rakennesuunnittelija

”Rakennemalliin mallinnetaan kaikki kantavat rakenteet sekä ei-kantavat betoni-rakenteet” (RT 10-11070, 2012, 2). Rakennesuunnittelija määrittelee rakennetyypit, jotka tulostetaan 2D-piirustuksina. Rakennemalli mallinnetaan kerroksittain tai lohkoittain siten, että se on kohteelle sovitussa koordinaatistossa. Kerroksittain tai lohkoittain mallintaminen hyödyttää esimerkiksi määräluetteloinnissa. Jos jokin rakenne jatkuu useampaan kerrokseen, mallinnetaan se alimpaan kerrokseen, jossa se esiintyy. Mallinnusohjelmat numeroivat rakenneosat automaattisesti GUID-tunnistein. Jotta GUID-tunnisteet säilyisivät jokaisella rakenneosalla koko rakentamisen ajan, tulee rakenneosien muutokset tehdä muokkaamalla jo mallinnettua rakenneosaa, jos vain mahdollista. GUID-tunnisteen lisäksi rakenneosat tulee nimetä loogisesti, jotta ne pystytään tunnistamaan. Jokaisen rakenneosan, jonka tietoja hyödynnetään mallista, suunnittelun valmiusaste tulee selvittää tietomalliselosteesta. Ennen suunnitelmien julkaisua rakennesuunnittelija huolehtii itse laadunvarmistuksesta ja siitä, että suunnitelmat sisältävät vain rakennesuunnittelijan mallintamia rakenneosia. (RT 10-11070, 2012, 2.)

Rakennuksen mallinnus rakennesuunnittelijan osalta voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen; ehdotussuunnitteluvaihe, yleissuunnitteluvaihe, hankintoja palveleva suunnitteluvaihe ja toteutussuunnitteluvaihe. Mallinnuksen tarkkuus paranee aina vaiheittain ja seuraavan vaiheen malli täydentää edellistä (kuva 2). Jokaisen vaiheen mallinnustarkkuus määritellään ennen kyseisen vaiheen aloitusta. (RT 10-11070, 2012, 3-8.)



Kuva 2. Mallinnuksen tarkkuus eri suunnitteluvaiheissa. (RT 10-11070, 2012.)

Ehdotussuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelijalla ei ole mallinnusvaatimuksia, jos ei ole erikseen sovittu. Rakennesuunnittelija voi tässä vaiheessa jo mallintaa erilaisia runkovaihtoehtoja, jotta voidaan selvittää eri kustannusvaihtoehtoja. Suunnitelmat mallinnetaan samalla tarkkuudella kuin yleissuunnitteluvaiheessa. (RT 10-11070, 2012, 4.)

Valitusta ehdotussuunnitelmasta tehdään yleissuunnitelma. Yleissuunnitelmavaiheessa tarkastellaan alustavasti talotekniikan ja kantavien rakenteiden yhteensopivuus. Tässä vaiheessa mallinnetaan rakenneosat perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein. Yleissuunnitteluvaiheen mallia voidaan käyttää lähtötietona rakennesuunnittelijan lujuuslaskelmille, määrä- ja kustannuslaskennalle sekä pohjana alustavalle runkoaikataulutukselle. (RT 10-11070, 2012, 4.)

Hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa mallinnetaan kohteen tyypillisimmät rakenneratkaisut, esimerkiksi tyypielementit. Tyypielementtiin mallinnetaan kohteessa käytetyt tuoteosat ja raudoitukset. Mallin muista elementeistä mallinnetaan sijainti ja geometria oikein. Muut rakenteet mallinnetaan perusgeometrialtaan ja sijainniltaan oikein, niin että rakenteiden kokonaismäärät selviävät mallista. Yleissuunnitteluvaiheessa olevan mallin käyttötarkoituksien lisäksi tämän vaiheen mallia voidaan käyttää aikataulusuunnittelussa, työturvalli-

suuden suunnittelussa, sekä asennus- ja työjärjestysten suunnittelussa. Hankaan mallinnustarkkuustaso (taulukko 1) määritetään erikseen sen mukaan, mitä tietomallista hyödynnetään. (RT 10-11070, 2012, 5.)

Taulukko 1. Mallinnuksen tarkkuustasot ja tarkkuustasojen kuvaus. (RT 10-11209, 2012, 2).

Mallinnuksen tarkkuustaso	Mallinnuksen tarkkuustason kuvaus
1	Mallinnetaan perusgeometrian ja sijainnin osalta oikein.
2	Mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden kokonaismäärät selviävät mallista. Rakenteet elementoidaan.
3	Mallinnetaan tyyppielementit ja tyyppipaikallavalut geometrian ja sijainnin osalta oikein liittymiseen, raudoitteeseen ja valutarvikkeeseen. Teräskokoonpanoista tehdään betonielementtejä vastaavat mallikokoonpanot liittokseen (liittopilareihin myös raudoitteet). Muut osat mallinnetaan geometrian ja sijainnin osalta oikein liittymiseen ja valutarvikkeeseen.
4	Mallinnetaan elementit ja paikallavalut geometrian ja sijainnin osalta oikein liittymiseen, raudoitteeseen ja valutarvikkeeseen. Teräskokoonpanot mallinnetaan konepajatasolle (liittopilareihin myös raudoitteet). Paalutarkkeet siirretään malliin ja paalut mallinnetaan toteuman mukaan.

Toteutussuunnitteluvaiheessa joko rakennesuunnittelija tai erillinen taho mallintaa kaikki elementit samalla tarkkuudella kuin hankintoja palvelevan suunnitteluvaiheen tyyppielementit. Rakenteet mallinnetaan geometrialtaan tarkasti, myös liittymät mallinnetaan ja lisätään valutarvikkeet ja raudoitteet. Tämän vaiheen mallin pohjalta voidaan tehdä määrälaskenta, suunnitelmien yhteensovittaminen, työturvallisuuden ja rakennusalueen käytön suunnittelu, aikataulusuunnittelu ja asennus- ja työjärjestysuunnittelu entistä tarkemmin. (RT 10-11070, 2012, 8.)

3.3 Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksella taataan, että tietomallista saatava tieto on luotettavaa ja samalla parantaa suunnitelmadokumenttien laatua. Suunnittelija vastaa itse tietomalliensa laadusta ja suorittaa omavalvontaa. Laadun varmistusta voidaan tehdä yrityksen omilla laadunvarmistustyökaluilla tai YTV 2012 eri suunnittelualoille suunnattujen ohjeiden liitteinä olevien tarkistuslistojen (taulukko 2) avulla.

Yhdistelmämalliin kootaan kaikkien suunnittelijoiden mallit yhdeksi malliksi. Jokaisen suunnittelijan mallissa tulee olla vain sovitut asiat. Yhdistelmämallin avulla tehdään suunnitelmien sisällön päällekkäisyys-, törmäys- ja ristiriitatarkistukset. Tarkastuksien avulla huomataan, jos suunnitelmissa on ristiriitoja. Jos tarkistuksissa ilmenee tarvetta tehdä muutoksia, tehdään ne aina alkuperäisiin malleihin.

Taulukko 2. Rakennesuunnittelijan tietomallin tarkastuslomake. (RT 10-11070, 2012, 17).

Paikka:	
Aika:	
Tarkastaja:	
Kohde:	
Versio:	
Version päiväys:	

	Kunnossa	Puutteita	Ei relevantti	Kommentit
Rakennemallin tarkastuslomake				
Tietomalliselostus				
Mallit sovitutina tiedostoformaateina (IFC ja muut sovitut tiedostot)				
Koordinaatisto on sovitun mukainen				
Mallia kohden on (pääsääntöisesti) yksi rakennus				
Kerrokset on määritetty				
Rakennusosat on määritelty kerroksittain				
Rakennusosat on numeroitu yksilöllisesti				
Sovitut/vaativuuden mukaiset rakennusosat on mallinnettu (Osa 5 - liite1)				
Rakennusosat on mallinnettu oikeilla työkaluilla				
Rakenteet on nimetty sovitulla tavalla				
Mallissa ei ole ylimääräisiä rakennusosia				
Mallissa ei ole sisäkkäisiä tai tuplarakennusosia				
Mallissa ei ole merkittäviä rakennusosien välisiä leikkauksia				
Rakenne- ja arkkitehtimallin rakenteet vastaavat toisiaan				
Rakenne- ja arkkitehtimallin aukot ovat vastaavilla kohdilla				
Rakenteet ovat tuettuja				
Kantaviin rakenteisiin on siirretty TATE-suunnittelijoiden varaukset				

Allekirjoitus:

4 BEC2012

BEC2012 on Betoniteollisuus Ry:n ja Tekla Oyj:n yhteistyössä laatima elementtisuunnittelun mallinnusohje. Elementtisuunnittelun ohjeen tarkoitus on täydentää Yleisten tietomallivaatimusten rakennesuunnitteluosan mallinnustarkkuusvaatimuksia betonielementtien mallinnustarkkuuden osalta. Tarkempaa vaatimustasoja tarvitaan, kun tietomallista otetaan suoraan esimerkiksi elementtiteollisuuden tarvitsemat määrätiedot. Elementtisuunnittelun ohjeen lisäksi luotiin samalla tietomallipohjaiset elementtien tyyppipiirustukset ja komponentteja Tekla Structures -ohjelmaan. (Betoniteollisuus Ry, 2012, 4).

Betoniteollisuus Ry on koonnut asiantuntijoiden laatimat ohjeet betonirakentamiseen liittyen yhdelle internetsivulle Elementtisuunnittelu.fi. Tältä internetsivustolta löytyy asuinkerrostalo-, toimisto- ja hallirakennuksiin liittyvää aineistoa rakennuttajalle, urakoitsijalle, rakennesuunnittelijalle ja arkkitehdille. (Betoniteollisuus Ry).

5 MALLINNUSOHJELMAT

Tässä kappaleessa käydään läpi muutamia mallinnusohjelmia, mallintamisen apuvälineitä ja tietomallin havainnollistamisvälineitä. Mallinnusohjelmista valikoitui yleisesti rakennesuunnittelussa käytössä olevia ohjelmia, yhtenä niistä opinnäytetyössä käytetty CADMATIC Building.

5.1 CADMATIC Building

CADMATIC on suomalaisen vuonna 1979 perustetun Kyndata Oy:n kehittämä tietomallinnusohjelmisto. Nykyään käytettävien ohjelmistojen kehitys alkoi 1980-90-lukujen vaihteessa. Silloisen ohjelmiston nimi oli CADS. (Aatsalo, 2017).

”CADMATIC Building -ohjelmistossa yhdistyy suunnittelujärjestelmän tehokkuus ja CAD-ohjelmiston työskentelyvapaus ainutlaatuisella tavalla” (cads.fi). Sillä voidaan tehdä rakenne- ja arkkitehtisuunnitelmia joko mallintamalla tai perinteisin viivatyökaluin 2D-tilassa. Ohjelman käyttöliittymä ja toimintaperiaatteet muistuttavat CAD-suunnittelua. Mallinnus tehdään 2D-tilassa, mutta 2D:nä piirretyillä objekteilla on 3D ominaisuuksia. (CADMATIC EAC Oy)

5.2 Revit

Revit on yhdysvaltalaisen Autodeskin tuottama ohjelmisto. Se on monialainen tietomalliohjelmisto, jonka suunnittelualakohtaisilla ohjelmistoilla voidaan mallintaa rakennussuunnittelun, talotekniikan ja rakennesuunnittelun tietomallit. Mallin pohjalta saa suoraan pohjapiirrokset, leikkauspiirrokset, detaljit, 3D-näkymät ja määräluettelot. (Autodesk, Inc).

Rakennesuunnittelijalle suunnattu Autodeskin tietomallinnusohjelma on Revit Structures. Eri rakennusmateriaalien suunnitteluun on omat lisäosat, joiden avulla voidaan mallintaa monimutkaisempia rakenteita. Mallinnusta eri materiaaleilla voidaan kuitenkin tehdä ilman erillisiä lisäosia. (Autodesk, Inc).

5.3 Tekla Structures

Tekla on vuonna 1966 perustettu suomalainen yritys, joka oli aikaisemmalta nimeltään Teknillinen laskenta Oy. Vuonna 2011 Tekla siirtyi Trimble Solutions Oy:n omistukseen. (Trimble Solutions Corporation)

”Tekla Structures on tietomalliohjelmisto rakennettavan tarkkaan suunnitteluun. Voit luoda, yhdistellä, hallita ja jakaa kattavia tietomalleja, jotka mahdollistavat kaikkien materiaalien ja monimutkaisimpienkin rakenteiden käytön.” (Tekla.com). Niin kuin Autodeskin tarjoamasta Revit Structuresista, Tekla Structuresista saa mallin pohjalta suoraan pohjapiirrokset, leikkauspiirrokset, detaljit, 3D-näkymät ja määräluettelot. (Trimble Solutions Corporation)

5.4 ProdLib

ProdLib on sovellus, mikä sisältää usean eri rakennustarvikevalmistajan tuotekirjastoja. Tuotekirjastoissa on CAD- ja tietomalleja valmistajien tuotteista. Näiden lisäksi valmistajien tuotekirjastoissa on suunnittelussa tarvittavia dokumentteja ja muita tukimateriaaleja. Tuotteiden valmiit CAD- ja tietomallit nopeuttavat mallinnusta. (ProdLib Oy)

5.5 IFC

IFC on avoin tiedonsiirtomuoto, jolla tietomalli voidaan siirtää ohjelmistosta toiseen tai tarkastella tietomallia siihen tarkoitettulla katseluohjelmalla. IFC-standardin käyttö mahdollistaa eri ohjelmistoilla mallinnettujen tietomallien yhdistämisen ja samalla niiden vertailun. Tämän avulla on helpompaa tarkistaa eri suunnittelualojen tietomallien yhteensopivuus ja vähentää suunnitteluvirheitä. IFC-standardilla voidaan jakaa kolmiulotteisia objekteja ja niiden sisältämää tietoa, mutta sen avulla ei voida jakaa piirustusmuotoista tietoa, jota voisi muokata siihen tarkoitettulla ohjelmalla. IFC:llä on kansainvälinen ISO-standardi ja sen uusin versio on IFC 4. Vaikka siitä on uusi versio, tukevat useimmat mallinnusohjelmat vielä ylei-

sesti käytössä olevaa vanhempaa IFC 2x3 -versiota. Vain IFC-sertifioituilla ohjelmilla voidaan siirtää tietomalli eri ohjelmistojen välillä luotettavasti. (BuildingSMART Finland)

5.6 Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus

VR eli Virtuaalinen todellisuus (Virtual reality) on digitaalisesti luotu malli esimerkiksi rakennuksesta, mitä voidaan tarkastella siihen tarkoitetuilla laitteilla, kuten virtuaalilaseilla. Tämä mahdollistaa suunnittelussa rakennuksessa kiertämisen virtuaalisesti jo ennen kuin työmaalla työt on edes aloitettu. Virtuaalitodellisuuden ominaisuuksia ovat muun muassa:

- Suunnittelija voi tarkastella suunniteltavaa rakennusta todellisessa mittakaavassa, mikä helpottaa virheiden huomaamista.
- Virtuaalitodellisuudella voidaan esittää asiakkaalle mahdollisimman todennukainen kokemus, miltä tulevat tilat näyttävät. Näin vältetään mahdollisilta yllätyksiltä, kun asiakkaan mielikuva ei vastaakaan todellisuutta.
- Urakoitsija voi tuoda ilmi oman näkökulmansa suunnitelmista jo aikaisemmassa vaiheessa ja ristiriidat, mitkä yleensä huomattaisiin vasta rakennusvaiheessa, voidaan korjata jo suunnitteluvaiheessa.

(Manninen, 2017 10-13).

Lisätty todellisuus AR tulee englannin kielen sanoista augmented reality. Lisätyssä todellisuudessa nimensä mukaisesti lisätään jo olemassa olevaan ympäristöön haluttua virtuaalista dataa. (Wiiala, 2018, 2).

Lisätyn todellisuuden hyödyt suunnittelussa vastaavat virtuaalisen todellisuuden hyötyjä. Tällä hetkellä lisättyä todellisuutta käytetään lähinnä tablettien ja älypuhelimien avulla. Se toimii siten, että laitteen kameralla kuvataan esimerkiksi tonttia, jolle tuleva rakennus on suunniteltu. Laite määrittää tulevan rakennuksen sijainnin esimerkiksi GPS-signaalin avulla tai tunnistamalla ympäristöstä kohteita, kuten viereisiä rakennuksia. Kun laite tunnistaa rakennuksen sijainnin, se lisää rakennuksen laitteen ruudulle kameran kuvaan. Tämän jälkeen voi tarkastella miltä rakennus tulee näyttämään rakennettuna ympäristössä. Lisätyn todellisuus-

den järjestelmillä voidaan hahmottaa myös pienempiä kohteita, kuten tulevia väliseiniä tai lisätä huoneeseen huonekaluja havainnollistamiseksi. Lisätyn todellisuuden teknologia on vasta kehitysvaiheessa, joten sen käyttö rakentamisessa on vielä vähäistä. (Anpe Oy, 2019).

5.7 Pistepilvi

Pistepilveä voidaan hyödyntää esimerkiksi korjausrakentamishankkeissa ja kiinteistöomaisuuden dokumentointiin. Pistepilvestä on mahdollista mitata koordinaatteja, etäisyyksiä ja pinta-aloja, sekä tutkia laserpisteistön ominaisuustietoja (RT 103133, 2019, 2).

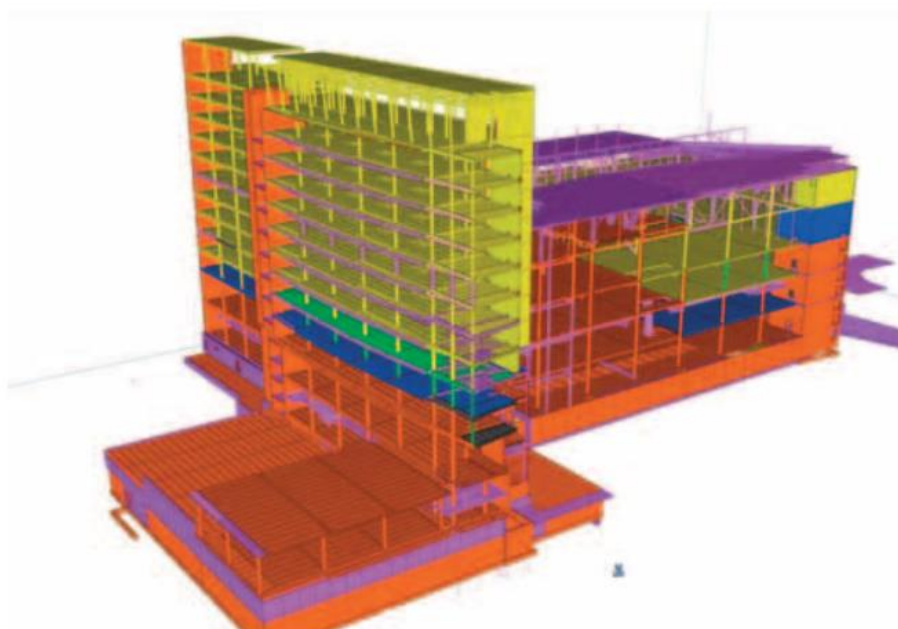
Pistepilvi luodaan laserkeilaimen avulla. Laserkeilaimen mittaus perustuu laserkeilaimen lähettämän valon ja mitattavan kappaleen tai rakennuksen seinän takaisin heijastaman valon paluupulssin kulkeman matkan ajan mittaamiseen. Mittauspisteitä otetaan niin monta, että mittaukset kattavat koko rakennuksen. Jokaiselle pisteelle on oma koordinaattitieto x-, y-, ja z-suunnassa. Kun mittaustulokset yhdistetään, syntyy niistä pistepilvi. Pistepilveä voidaan käyttää joko sellaisenaan tai sen avulla voidaan mallintaa tarkka 3D-malli mitatusta kohteesta. (Mittauspalvelu MP-Map Oy)

6 MALLINTAMISEN HYÖDYT

Tietomallinnuksesta on hyötyä rakennushankkeen kaikille osapuolille. Tässä luvussa käydään läpi, miten tietomallia voidaan hyödyntää suunnittelussa, työmaalla ja rakennuksen valmistuttua.

6.1 Työmaalle

Työmaalla mallin hyödyntämiseen vaikuttaa mallintamisen tarkkuustaso. Ensimmäisen mallinnustarkkuustason mallia voidaan hyödyntää esimerkiksi paikalla valettujen rakenteiden betonin määrän laskentaan ja aluesuunnitelman pohjana. Mallinnustarkkuuden parantuessa voidaan tietomallia hyödyntää koko ajan paremmin. Tietomallia voidaan hyödyntää jo tarjouslaskennassa määrien laskentaan ja kohteeseen perehtymiseen. Urakoitsija voi tehdä mallista 4D- eli aikataulutuksen. Aikataulu kuvataan tietomalliin rakenneosiin värikoodein (kuva 3) jo valmiista tai asennetuista rakenteista tuleviin rakenteisiin. (RT 10-11078, 2012, 2-5).



Kuva 3. Runkovaiheen tietomallipohjainen aikataulutus värikoodein. (RT 10-11078, 2012, 5).

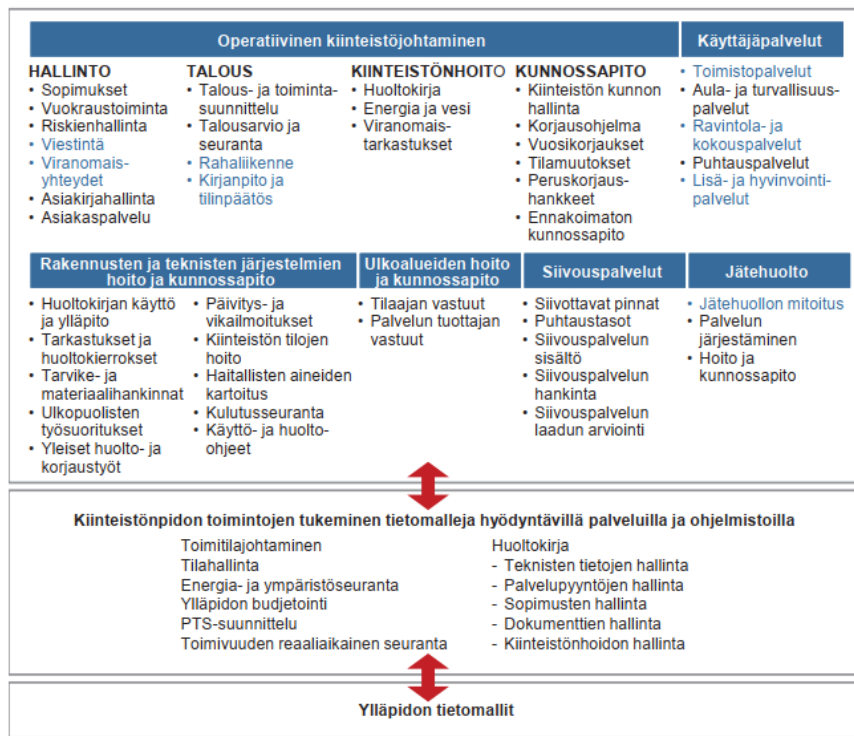
6.2 Käyttö ja ylläpito

Rakennuksen valmistuessa päivitetään tietomalli toteutumamalliksi, johon muokataan kaikki rakennusaikana tehdyt muutokset. Muutokset tehdään alkuperäismalliin, IFC-malliin ja jos on käytetty tukiohjelmistoja, kuten mitoituksessa käytettävää tietomallia, tulee kaikki edellä mainitut päivittää. (RT 10-11077, 2012, 4).

Rakennusaikaisia tietomalleja voidaan käyttää korjausten rakennesuunnittelussa. Tämä edellyttää, että tietomallia on ylläpidetty, ja että kaikki muutokset on myös tietomallissa. Jotta tietomallista ei häviä tietosisältöä, tulee muutokset tehdä alkuperäiseen malliin alkuperäisellä suunnitteluohjelmalla. Pienet muutokset voi tehdä asiantuntija, jolla on riittävä osaaminen mallinnusohjelmasta. Suuremmat muutokset tekee suunnittelija. Muutokset tulee mallintaa samoja mallinnussääntöjä noudattaen kuin alkuperäistä mallia tehtäessä. (RT 10-11077, 2012, 4).

Jotta tietomallista olisi hyötyä korjauksia ja huoltoa suunniteltaessa muutenkin kuin mallipohjana, tulisi siihen lisätä materiaali- ja tuotetiedot. Materiaali- ja tuotetietojen lisääminen yhdistelmämalliin tuo ongelmaksi tiedoston suuren koon, jota on silloin raskas käyttää. (RT 10-11077, 2012, 3-6). Tietomallilla voidaan havainnollistaa asukkaalle korjauksen tuomia muutoksia tai asukkaan omia muutoksia, kuten asunnon pintamateriaalien vaihtoa tai kalustusta.

Tietomallia voidaan hyödyntää myös kiinteistönpidon eri osa-alueissa (kuva 4). Sen perusteella voidaan esimerkiksi kilpailuttaa ja mitoittaa kiinteistönpidon palveluita.



Kuva 4. Kiinteistönpidon toimintoja, joita voidaan tukea tietomallipohjaisilla ohjelmistoilla. (RT 10-11077, 2012, 3).

6.3 Suunnittelijalle

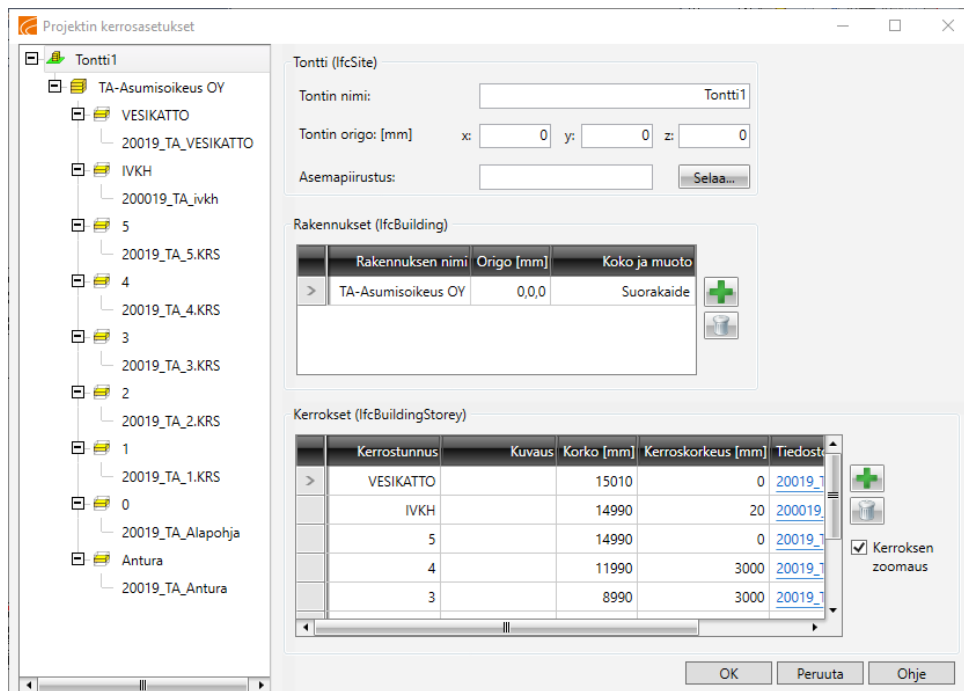
Tietomallin ajan tasalla pitäminen on helpompaa kuin usean dokumentin, jos tulee muutoksia kesken suunnittelun. Eri suunnittelualojen suunnitelmat sopivat paremmin yhteen yhdistelmämallien ja niissä tehtävien törmäystarkastelujen ansiosta. Suunnitelmista tulee havainnollisempia. Rakennuksesta tulee mallintamalla samalla staattinen malli mitoitusohjelmia varten. Suunnittelijan ei tarvitse tehdä erikseen rakenneleikkauksia, detaljipiirustuksia tai rakennetyyppejä, sillä ne saadaan suoraan mallista. (Paakki, 2010, 33-34). Tietomallista saadaan myös esimerkiksi valmiiksi tehtyä erilaisia luetteloita, ontelolaattojen lappukuvia, ristikoiden tilauskaavioita ja elementtipiirustuksia.

7 KOHTEEN MALLINNUS

Tässä luvussa käydään läpi opinnäytetyössä käytettyä mallinnusohjelmaa eli CADMATIC Building 18 ja kohteeseen mallinnettuja rakenteita. Tarkoituksena on käydä läpi eri rakenteiden mallintamiseen käytettyjä työkaluja ja samalla myös arvioida niiden käytettävyyttä.

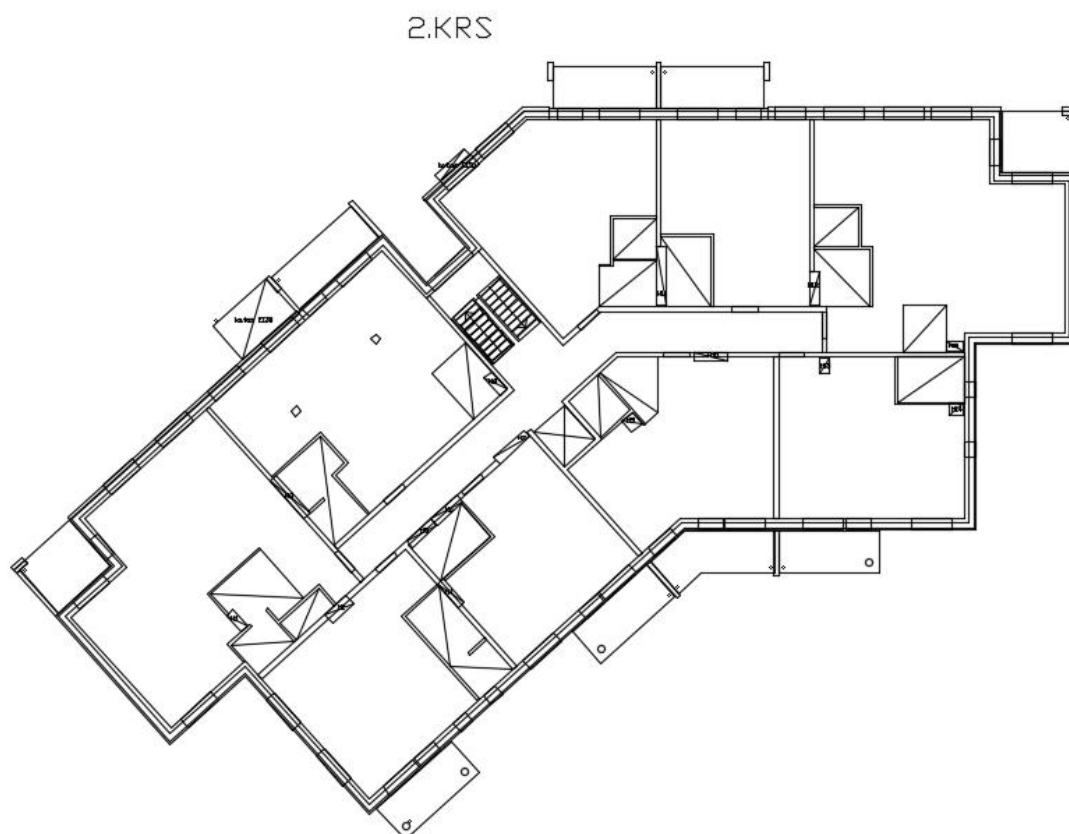
Mallinnettava kohde oli viisikerroksinen betonielementti asuinkerrostalo. Kohde mallinnetaan CADMATIC Building 18 -mallinnusohjelmalla. Mallinnuksen tarkkuustason vaatimus oli 1. Kohteen rakennesuunnittelu tehtiin erikseen 2D:nä. Näiden rakennesuunnitelmien ja arkkitehtisuunnitelmien perusteella toteutettiin mallinnus. Vaikka kohteen mallinnustaso oli matala, osa rakenneosista ja liitoksista mallinnettiin vaatimuksia tarkemmin joko ohjelman käytön harjoituksen vuoksi tai siksi, että ohjelmasta ei löytynyt yksinkertaisempaa työkalua siihen tarkoitukseen. Samalla tutkittiin myös mahdollisuutta käyttää ohjelmaa tulevaisuudessa tarkimman mallinnustason tietomallien mallintamiseen.

Koska mallinnettava kohde oli yrityksen ensimmäinen, jouduttiin alkuun miettimään, miten mallinnus toteutetaan. Ensimmäiseksi päätettiin, millä tavalla kohteen kukin kerros mallinnetaan ja yhdistetään yhdeksi IFC-malliksi. Yrityksellä olevassa CADMATIC Building 18 -mallinnusohjelmassa oli kaksi vaihtoehtoa kerrosten yhdistämiseksi. Ensimmäinen vaihtoehto oli kerrosrajaustoiminto, jolla voi valita samasta CAD-tiedostosta eri kerrokset ja määrittää niille omat kerroskorkeudet. Toinen vaihtoehto oli kerrostiedostotoiminto, jossa kerrokset mallinnetaan eri CAD-tiedostoihin ja valitaan eri kerrosten CAD-tiedostot yhdistettäväksi ja määritellään niille omat kerroskorkeudet (kuva 5). Kerrosten yhdistelyyn valittiin kerrostiedostotoiminto. Tämän ansiosta tiedostojen koot pysyvät kohtuullisempina ja se mahdollistaa useamman suunnittelijan mallintamisen samaan aikaan eri kerroksissa.



Kuva 5 Kerrostiedosto asetukset.

Piirustuksen pohjaksi otettiin arkkitehdin pohjapiirustuksien pohjalta piirretty luuranko. Luurankoon piirretään rakennesuunnitteluun vaikuttavat asiat, kuten ulkoseinät, kantavat seinät ja märkätilat (kuva 6). Rakennuksen mallinnus helpottui huomattavasti luurangon avulla, vaikka rakennus olikin haastavan muotoinen.



Kuva 6 Kohteesta tehty luuranko.

7.1 Antura

Ennen anturan piirtoa määritellään anturan poikkileikkaus, materiaali ja korko (kuva 7). Anturalle voidaan määrittää myös raudoitteet, jos mallinnustarkkuus sitä vaatii. Samalla työkalulla voidaan määrittää samanaikaisesti sokkeli. Kohde rakennetaan kaltevalle tontille, joten perustuksiin tarvitsee tehdä korkeuseroja. Anturoiden korkeuserojen välille tehdään 1:3 luiskat (kuva 8). CADMATICissä on oma työkalu luiskan tekemiseen, mutta luiska ei ole halutun muotoinen, joten luiska tehdään palkkityökalulla vinona palkkina. Eri tarkoitukseen tehdyllä työkalulla tehty rakenne täytyy muistaa nimetä oikein, ettei synny väärinkäsityksiä. Pilarianturoille on oma työkalunsa, mikä on hyvin samanlainen kuin jatkuvan anturan piirtotyökalu. Ainoana erona anturalle määritellään leveyden ja korkeuden lisäksi pituus.

Anturan piirto ✕

☒ Piirrä antura

Anturan leveys (B):

Anturan korkeus (H):

Anturan pituus:

Anturan materiaali:

Anturan korkopinta:

Anturan korko:

☐ Kirjaa raudoitteet anturaan

☐ Piirrä perusmuuri

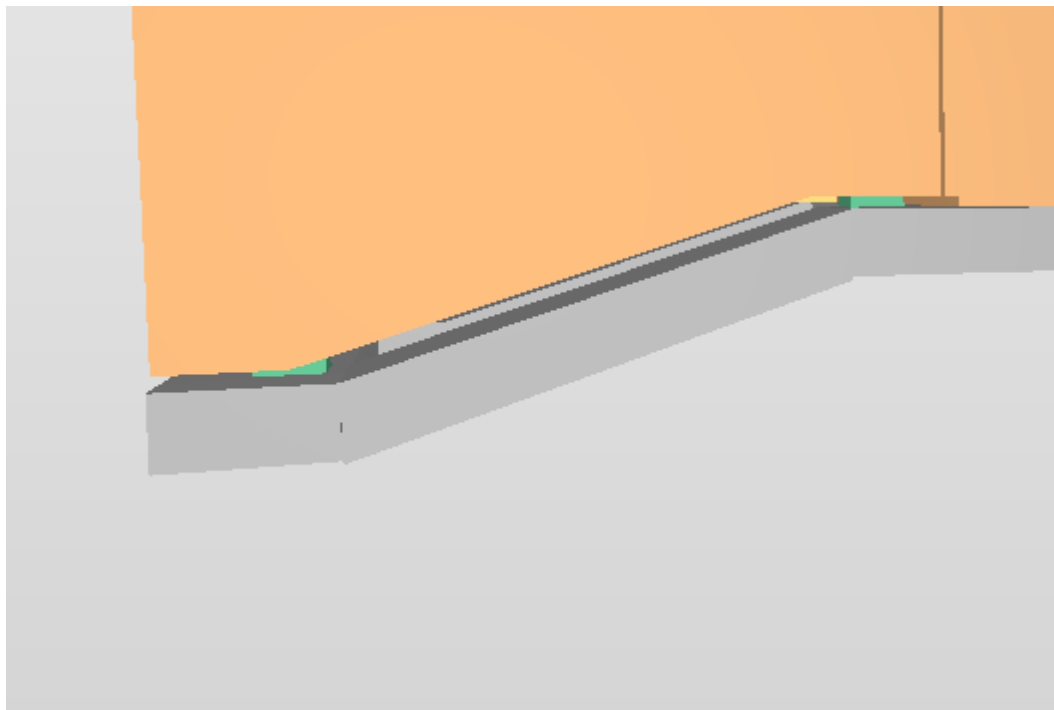
Osoituslinja ja apusiirtymä
 Etäisyys (Et2):

Periaatekuva

Pos.	Raudoite

Mittatiedot:

Kuva 7. Anturan määrittäminen.



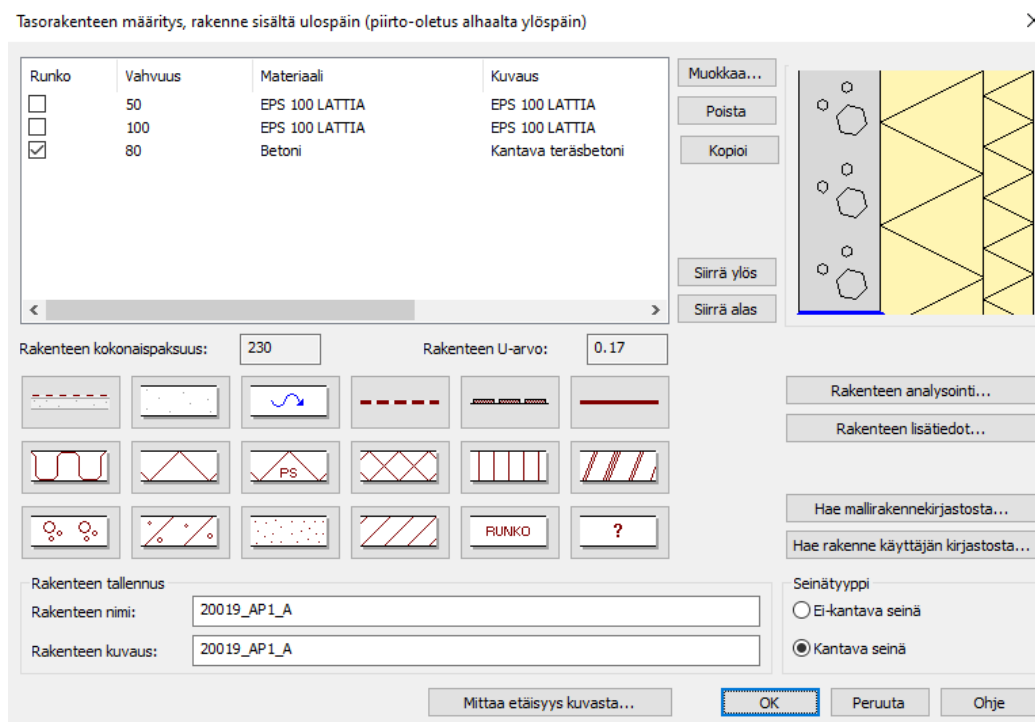
Kuva 8. Anturaluiska

Pilari- ja jatkuvan anturan mallintaminen on CADMATICissä helppoa ja suoraviivaista. Anturatyökalua on selkeä käyttää ja anturan tarvittavien tietojen lisääminen on helposti pääteltävissä työkalun otsikoiden perusteella. Ainoa ongelma on anturaluiskien mallintaminen, koska anturaa ei saa vinoon asentoon. Tämänkin sai kuitenkin palkkityökalulla mallinnettua. Puutteesta on kuitenkin oltu ohjelman kehittäjiin yhteydessä ja todennäköisesti luiskien mallintamiseen kehitetään oma työkalu.

7.2 Alapohja

Kohteen alapohja toteutetaan maanvaraisena. Alapohja tehdään tasorakennetyökalulla (kuva 9). Ensin määritetään joko uusi lattia ja sen rakenne (kuva 10) tai valitaan jo olemassa oleva tasorakenne. Riippuen mallinnustarkkuudesta ja mallista hyödynnettävistä tiedoista, voidaan rakennetta määritettäessä rakennekerroksille määrittää materiaalin tiheys, rakennusfysikaaliset ominaisuudet, rakenteen hinta neliömetriä kohti ja tarvittaessa kirjoittaa lisäkuvaus. Alapohjalle määritetään vielä korko. Tämän jälkeen alapohjan muoto voidaan määrittää tasokuvasta osoittamalla alapohjan nurkkakohdat.

Kuva 9. Tasorakennetyökalu.



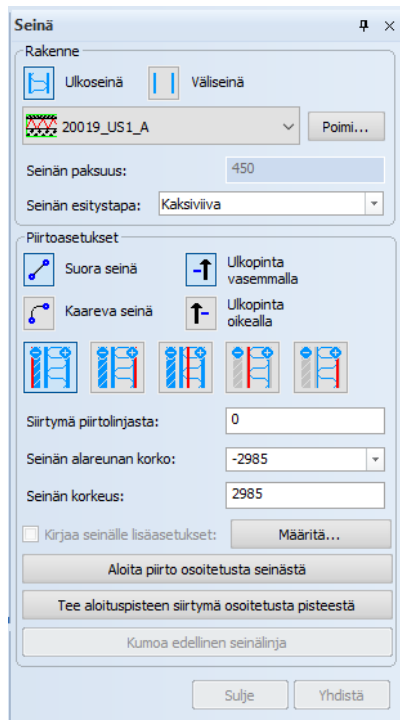
Kuva 10. Tasorakenteen määrittämissikkuna.

Rakenteiden määrittämisohjelmassa on helppoa. Tämän avulla koko lattiarakenne saadaan mallinnettua kerralla. Yleensä lattian ja seinän väliin tulee solumuovinen irrotuskaista. Rakennekerroksien reunoja voidaan siirtää tasorakennetta muokattaessa, mutta ohjelma ei anna muokata kantavaa rakennetta. Tämän takia tasorakenne pitää mallintaa tasokuvaan solumuovikaistan paksuuden verran irti seinästä. Ohjelmassa ei ole apuvälinettä siihen, joten ensin tasolle tarvitsee piirtää apuviivat. Tasorakennetyökalulla tehtyyn laattaan lisätyt reiät eivät tule IFC-malliin. Ongelman pystyy kiertämään jakamalla tason reiän kohdilta kahteen osaan. Tasojen reunoja pystyy siirtämään, mutta yksittäistä tason nurkkaa ei pysty siirtämään, mikä tekee tason muokkaamisesta työlästä.

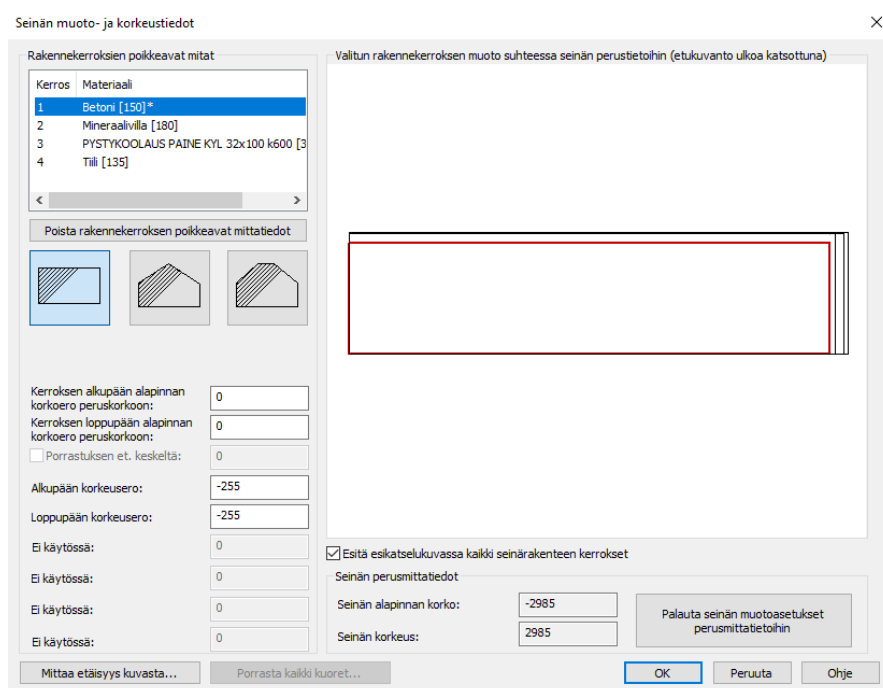
7.3 Seinätyökalu

Seinät mallinnetaan CADMATICissä siihen tarkoitetulla seinätyökalulla, jotta seinä tulee myös oikein nimettynä IFC-malliin. Ennen seinän piirtoa määritetään seinärakenne samalla tavalla kuin alapohjarakenne. Kun seinärakenne on määritetty, seinä saadaan mallinnettua kerralla siten, että siitä tulee määritetyt rakennekerrokset ja niiden materiaalimerkinnot.

Seinälle määritetään ennen piirron aloitusta tarvittavat tiedot (kuva 11). Seinälle valitaan joko itse määritelty seinärakenne tai valmis seinärakenne rakennekirjastosta ja seinän esitystapa 2D-tilassa. Lisäksi määritellään vielä piirtotavat ja piirtolinja suhteessa seinään. Seinälle määritellään sijaintikorkeus ja seinän korkeus, joita voidaan muokata myös seinän piirron jälkeen. Jos seinän eri rakennekerroksilla on korkeuseroja, voidaan niitä muokata seinän asetuksista (kuva 12).



Kuva 11. Seinän valinta ja asetusikkuna.



Kuva 12. Seinän rakennekerrosten muokkausikkuna.

CADMATiCin seinätyökalussa on hyvät muokkausmahdollisuudet. Helpomman työkalusta muutostilanteissa tekisi mahdollisuus muokata aikaisemmin määritettyä seinärakennetta esimerkiksi rakennekerroksen paksuuden muuttuessa. Nyt seinärakennetta muokattaessa rakenne tarvitsee nimetä uudelleen. Tässä kohteessa seinän geometrian määrittäminen on helppoa, koska rakennesuunnitelmat olivat valmiita. Mallinnettaessa rakennesuunnittelun ohella geometrian määrittäminen voi olla vaikeampaa, koska seinän korkotiedot tarvitsee tietää etukäteen, sillä ne syötetään seinää mallinnettaessa lukuarvoina. Tarkempaa mallinnusta varten seinistä pitää luoda elementtipiirustus, johon saadaan lisättyä esimerkiksi seinän raudoitukset, valmisosat ja erikoismuodot. Elementtien luominen ei aiheuta lisätoimia vaativalla mallinnustarkkuustasolla, koska niiden mallinnusta vaaditaan silloin. Tällöin seinien elementointi tehdään suunnittelun varhaisessa vaiheessa, mikä tulee huomioida työjärjestyksessä.

7.4 Sokkeli

Tämän kohteen matalan mallinnustarkkuuden takia sokkelin voisi mallintaa perustustyökalun avulla anturaa mallintaessa. Anturat mallinnetaan kuitenkin seinätyökalulla jatkoa ajatellen, jotta sokkeleista saataisiin helposti elementtejä. Anturassa olevien luiskien kohdalta sokkelista tehdään elementti. Tällä tavalla sokkeleista saadaan helposti oikean muotoinen.

Luiskan kohdalla sokkelielementin mallinnus tapahtuu betoniseinäelementtityökalun avulla (kuva 13). Sokkeli mallinnetaan ensin seinätyökalulla luiskan korkeamman kohdan mukaiseksi. Betonielementtiä määrittäessä sokkelin muodot ja rakennekerrokset saadaan poimittua suoraan aikaisemmin mallinnetusta seinästä. Luiskan muoto tehdään elementtiin elementtipiirustuksessa esimerkiksi tekemällä luiskan kohdalta pois tulevalle osalle elementtiin kolo reikätyökalulla. Valmis elementti viedään tasokuvaan ”vie betoniseinäelementin leikkaus pohjakuvaan” -toiminnolla. Jos elementin mittatiedot on poimittu seinästä, ohjelma vie automaattisesti elementin oikeaan paikkaan tasokuvassa. Jos elementtiin tulee viennin jälkeen muutoksia, saa elementin päivitettyä valitsemalla elementin leikkauksen tasokuvasta ja klikkaamalla päivitä pohjakuva-leikkaus -painiketta.

Betoniseinäelementin määrittäminen, Perustiedot

Elementin perustiedot

Elementtityyppi: **SOKKELIELEMENTTI** | ANS-001

Samanaisten elementtien lukumäärä: **1**

☐ Merkitse elementin sisäkuoren korko: **-1340**

Elementin rakenne

☒ Sisäkuori **150** mm

☒ Eriste **220** mm

☒ Ulkokuori **80** mm

Elementin tiedot

Kokonaispituus: **3860.32** mm

Kokonaiskorkeus: **1340** mm

Painoarvio: **2.6** tn

Elementin mittatiedot

Poimi mittatiedot lomakkeesta...

Poimi mittatiedot seinästä...

Osoita pituus pohjakuvasta...

Pelaa elementti...

Elementtikirjasto

Tallenna elementti...

Hae elementti...

Sisäkuori Eriste Ulkokuori Rauditus Aukot Asetus

Betoniluokka: **C25/30-2**

Betonipeitteen nimellisarvo: **25**

Rasitusluokka: **XC1**

Käyttöikäluokitus: **100**

Maksimiraekoko:

Kuoren pintakäsittely: **Teräshierro**

Kuoren muototiedot: **Suorakulmainen, suora yläreuna**

Mittatieto Arvo

Leveys (b): **3490.32**

Korkeus (h): **1340**

☐ Porrastus elementin alareunassa

Kuoren lisätiedot

☐ Kuoren yläreunaan ohennus (kolo)

Kolon syvyys (b2): **90**

Kolon korkeus (h2): **400**

☒ Kolo sisäpintaan ☐ Kolo ulkopintaan

☐ Kuoren kiertäminen vasemmassa päädyssä

Kierron pituus (b3): **150**

Kierron syvyys (h3): **230**

☐ Kuoren kiertäminen oikeassa päädyssä

Kierron pituus (b3): **150**

Kierron syvyys (h3): **230**

Reunadetailit

Yläreuna: **SUORA** ☐

Vasen reuna: **SUORA** ☐

Oikea reuna: **SUORA** ☐

Alareuna: **SUORA** ☐

Detailien määrittäminen

Esikatselu: **Elementin naamakuva**

OK Peruuta Ohje

Kuva 13. Betoniseinäelementtityökalu

Koska sokkelit mallinnettiin samalla työkalulla kuin seinät, on käyttökin yhtä helppoa. Ongelmaksi syntyi anturaluiskien kohdat, koska seinälle ei ole työkalua, jolla saisi muokattua alareunan muotoa monikulmaiseksi tai reikätyökalua, jolla saisi luiskien kohdalta seinän osan pois.

7.5 Ikkunat ja ovet

Rakennesuunnittelija ei määrittele, millaisia ikkunoita ja ovia rakennukseen tulee, vaan arkkitehti. Rakennesuunnittelija kuitenkin määrittelee ikkunoille ja oville tulevan aukon koon. Helpoin tapa aukkojen luomiseen on CADMATICin ikkunat ja ovet -työkalu (kuva 14). Ikkunoille ja oville määritetään tyyppi, koko, sijoituskorkeus ja sijoitussyvyys seinän paksuussuunnassa. Jotta aukoista tulee oikean kokoisia, voidaan ikkunoille ja oville lisätä asennusvarat. Työkalu nopeuttaa seinäelementtejä tehtäessä työtä, sillä sen avulla seinäelementtiin tulee automaattisesti oikean kokoinen ikkuna- tai oviaukko. Elementtisuunnittelija saa lisättyä myös tämän työkalun avulla aukolle esimerkiksi valmiit reunadetailit.

Kuva 14. CADMATICin ikkunoiden asetukset.

Ikkunoita ja ovia mallintaessa ainoa hidastava tekijä on, että ikkunoiden ja ovien oikean sijainnin tarkistaminen tarvitsee tehdä joko IFC-mallin avulla tai luomalla seinästä elementtipiirustus, josta niiden korkeus saadaan tarkistettua. Tarkistaminen näillä tavoilla on helppoa, mutta aikaa vievää etenkin, jos korkeusasemaan tarvitsee tehdä muutoksia.

7.6 Massiivi- ja parvekelaatat

Kohteen matalan mallinnustason takia massiivi- ja parvekelaattoja ei olisi erikseen tarvinnut mallintaa. Laatasta tulisi riittävän tarkka tasorakennetyökalulla tehtynä, mutta harjoituksen vuoksi laatat mallinnettiin betonielementtilaattatyökalulla (kuva 15) erillisiksi laatoiksi. Laattaelementin muodon voi määrittää kahdella tavalla, joko tässä kohteessa käytetyllä pisteosoituksella suoraan pohjapiirustuksesta tai poimimalla aiemmin mallinnetun laatan muodon. Jos laatan muoto tehdään pisteosoituksella, määritellään sille paksuus ja sijainti. Nämä tiedot tulee automaattisesti, kun laatan tiedot poimitaan aiemmin mallinnetusta laatasta. Laatalle voidaan määrittää myös betonin tiedot, rasitusluokka, suojabetoni, laatan

pintakäsittelyt ja vakioraudoitukset, jos mallinnustarkkuus sitä vaatii. Lopuksi valitaan haluttu elementtilomake ja lomakkeen mittakaava. Ohjelma luo automaattisesti määriteltyjen tietojen pohjalta elementtilomakkeen, joka sijoitetaan suunnittelunäkymään.

Betonielementtilaatta

Laatan tiedot
 Elementtityyppi: MASSIIVILAATTAELEMENTT L-101
 Samanlaisten elementtien lukumäärä: 1

Elementin tiedot
 Betoniluokka: C25/30
 Betonipölvien nimellisarvo: 25
 Rastusluokka: XC1
 Käyttökäluokitus: 50
 Paloluokka: R60
 Elementin yläpinnan käsittely: Teräshierro
 Elementin alapinnan käsittely: Muottipinta
 Elementin reunojen käsittely: Muottipinta
 Elementin viisteet: Merkityissä nurkissa 10x10 viiste

Laatan mittatiedot
 Laatan paksuus: 260
☒ Merkitse ap.korko kuvaan: -260
☒ Laattaelementin katsomissuunta päältä

Laatan max. leveys: 6823.09 Laatan max. syvyys: 1860

☒ Määritä perusraudoitus

Laatan raudoitteet:
 Rengasteräksöt ZT10 (TW=A500HW)
 Haat T8 k200 (TW=A500HW) ympäri
 Yläpinnan verkko T8-200 (TW=A500HW)
 Alapinnan verkko T10-200 (TW=A500HW)
 Aukkojen raudoitteet:
 Aukon rengasteräksöt ZT10 (TW=A500HW)
 Haat T3 k200 (TW=A500HW) ympäri

Muokkaa...

Elementtilomake
 CH_BELEMENTTIPOHJA
 Lomakkeen skaalauskerroin: 20

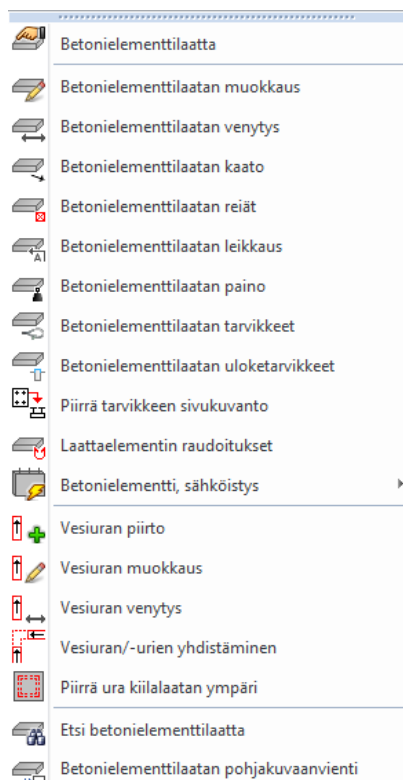
Tietolohko
 CH_BELEMENTTIETO_MALLI
☒ Luo skaalauskerrointa vastaava OSAMITTA-mitoitustyyli

Käyttäjän kirjasto
 Tallenna laatta kirjastoon...
 Hae laatta kirjastosta...

OK Peruuta Ohje

Kuva 15 Betonielementtilaatan määritystyökalu.

Aiemmin määriteltyä betonielementtilaattaa voidaan muokata vielä siihen tarkoitetuilla työkaluilla (kuva 16). Valmis elementti viedään pohjapiirustukseen, josta se tulostuu myös IFC-malliin. Jos elementtiin tulee pohjapiirustukseen viennin jälkeen muutoksia, tehdään ne elementtilomakkeessa. Muutokset päivittyvät automaattisesti pohjakuvaan vietyyn laattaan.



Kuva 16. Betonielementtilaatan muokkaustyökalut

Betonielementtilaattojen mallinnuksessa ilmeni samoja muokkausongelmia kuin tasotyökalulla tehdyssä alapohjassa. Betonielementtilaatta -työkalulla tehdyt syvennykset ja reiät, mitkä ei tasotyökalulla tulleet IFC-malliin, tulevat tällä työkalulla tehtynä IFC-malliin. Muilta osin betonielementtilaatta -työkalulla laatan mallinnus on selkeää.

7.7 Pilarit

Pilarit voidaan mallintaa ainakin kahdella eri tavalla: joko määrittämällä pilarille oma poikkileikkaus, materiaalitiedot, sijoituskorkeus ja pilarin korkeus ja sijoittamalla se tasokuvaan tai tässä kohteessa käytetyllä tavalla tekemällä pilarista elementti, joka viedään tasokuvaan. Betonielementtipilarin mallinnustyökalu on hyvin samanlainen kuin muutkin ohjelman elementtityökalut. Elementille annetaan vastaavat tiedot kuin laattaelementtiä tehtäessä ja sijoitetaan tasokuvaan pilarelementin poikkileikkauspiirustus. Ohjelma luo automaattisesti pilarin poikkileikkauksen valittaessa kyseinen toiminto.

Pilareiden mallintaminen CADMATICissä on suoraviivaista. Kohteeseen tuli sekä pyöreitä että suorakaidepilareita. Kummankin muotoisiin pilareihin tarvitsee määrittää vain halkaisija tai sivumitat ja pilarin korkeus. Pilarin mallinnuksen ollessa näin yksinkertaista ei ongelmiaakaan ilmene.

7.8 Paikallavaluholvi

Paikallavaluholvi voidaan mallintaa samaa tasotyökalua käyttäen kuin alapohjaa mallintaessa. Mallinnettaessa kuitenkin ilmeni, ettei tasotyökalulla tehtävät holvin reiät ja syvennykset siirtyneet IFC-malliin. Ongelma ratkaistiin mallintamalla paikallavaluholvi betonielementtilaattana massiivi- ja parvekelaattojen tapaan. Tällä tavalla holviin saatiin tarvittavat reiät ja syvennykset.

Mallinnettaessa paikallavaluholvia ilmenee samanlaisia ongelmia kuin muita tasoja mallintaessa. Elementtilaatan muodon muokkaustyökalun puute vaikuttaa holvin monikulmaisuuuden takia vielä enemmän paikallavaluholvin mallinnuksessa verrattuna esimerkiksi massiivilaattojen mallinnukseen. Jos holvin muodon osoituksessa tapahtuu virhe, ei sitä saa korjattua, vaan muodon osoitus pitää aloittaa alusta. Muodon osoittamista voi helpottaa esimerkiksi piirtämällä holvin ääriverrat apuviivalla.

7.9 Hormielementti

Hormielementit mallinnetaan betonipilarityökalulla betonipilariksi, jotka nimetään hormielementtien tunnuksilla. Rakennesuunnittelija mallintaa hormista vain ulkomuodon, jonka sisälle talotekniikkasuunnittelijat suunnittelevat tarvittavan tekniikan. Betonipilarityökalulla määritellään ensin hormielementin poikkileikkauksen muoto ja koko (kuva 17). Kun poikkileikkaus on määritetty, määritellään pilarin piirtosuunta, korko ja korkeusasema (kuva 18). Tämän jälkeen hormielementti voidaan sijoittaa pohjapiirustukseen.

Profiilin määrittely

Yleistiedot

Profiilimäärittelyn nimi: 20019_H1_A

Profiilimäärittelyn lisätiedot: Hormielementti

Mitat ja materiaali

Profiilin materiaali: BETONI

Profiilin muoto: SUORAKAIDE

Kokonaisleveys (b): 860

Kokonaiskorkeus (h): 350

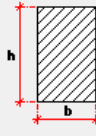
Osan vahvuus (t1): 0

Osan vahvuus (t2): 0

Osan vahvuus (t3): 0

Etäisyys vas. reunasta (et): 0

Periaatekuva



Paino ja pinta-ala

Profiilin paino [kg/m]: 752.5

Pinta-ala [m²/m]: 2.42

Laske mittatietojen perusteella

Mittaa etäisyys kuvasta... Tallenna Peruuta Ohje

Kuva 17. Betonipilarin poikkileikkauksen määrittäminen.

Piirtoasetukset

Kuvanto: Poikkileikkaus

☐ Piirrä profiilia jatkuvana (vain päältä-/sivukuvannot)

☐ Profiilin kiertokulma: 0

Korko: 0

☒ Loppupisteen korko: -400

☐ Piirrä profiili jaolla, k/k-jako: 600

☐ Jako poikkileikkauksen korkeussuunnassa leveyssuunnan sijaan

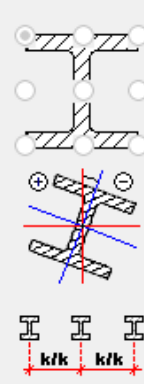
☐ Pakota viimeinen profiili osoitetulle jakoalueelle

☒ Kirjaa poikkileikkaukselle yp.korko: 0

☐ Piirrä leikkaukseen viivoitus

☐ Piirrä leikkaukseen väritäyttö

☐ Luo sijoitusapupisteet sijoitukseen, etäisyys: 100



Kuva 18. Betonipilarin piirtoasetusten määrittäminen.

Vaikka hormielementit mallinnetaan eri työkalulla kuin kohteen pilarit, on niiden mallinnus yhtä helppoa. Hormien poikkileikkausprofiilien luominen onnistuu nopeasti ja samalla profiilit voi nimetä elementtihormin mukaan, jotta hormi on nimetty oikein myös IFC-mallissa.

7.10 Portaati

CADMATICista ei löydy työkalua portaiden mallinnukseen, joten portaati pitää mallintaa uutena objektina. Portaiden 2D-muodon saa esimerkiksi ProdLib tuotekirjastosta. 2D-piirustusten pohjalta saa helposti mallinnettua portaista 3D-objektin. CADMATICissa on pursota -työkalu, jolla 2D:nä tehdystä piirustuksesta saadaan kolmiulotteisen. Portaiden reisirankut pursotetaan omina objekteina ja askelmat omana objektina. Askelmat ja reisirankut saadaan yhdistettyä yhdeksi objektiksi Boolean -operaatiot työkalulla. Objektilla ei ole asetusta, jolla portaan korkeuden saa säädettyä oikeaksi, mutta säädön saa tehtyä vaihtamalla näkymän sivulta ja siirtämällä portaati oikeaan korkeuteen.

Koska portaiden mallintamiseen ei ole omaa työkalua, tarvitsee ohjelman työkaluja soveltaa ja mallintaa ne itse alusta asti. Sopivan tavan löydyttyä portaiden mallinnus on helppoa. Objektina tehtyjä portaita on vaikea muokata, joten portaati on helpompi, muutoksen tullessa, tehdä kokonaan uudestaan. Samojen työkalujen avulla voidaan melko vapaasti luoda muitakin objekteja, joita ei löydy tuotekirjastosta valmiina.

7.11 Parvekepielet

Myös parvekepielet mallinnettiin mallinnustarkkuustasoon nähden vaadittua tarkemmin. Parvekepielien mallinnustyökaluksi valikoitui betoniseinäelementti -työkalu. Tällä työkalulla saadaan muokattua helpoiten parvekepielien ylä- ja alapään muodot. Parvekepielielementit tehtiin samalla tavalla kuin anturaluiskien kohdille tulleet elementit. Seinä -työkalulla mallinnetaan ensin oikean kokoiset parvekepielet, joiden pohjalta on helppo tehdä parvekepielielementit.

7.12 Vesikatto

Vesikatolle on oma työkalu, jolla saadaan mallinnettua vesikaton muoto ja katon suuntaisten rakennekerrosten yhteenlaskettu rakennepaksuus. Tässä kohteessa tämän työkalun tarkkuus on riittävä. Katon määrittäminen aloitetaan piirtämällä rakennuksen räystääsviivat. Tämän jälkeen määritellään harjalinja. Koska kohteessa on pulpettikatto, eikä ohjelmassa ole työkalua tämän malliselle katolle,

harjalinjaksi valitaan lappeen korkeampi räystäs. Valinnan jälkeen avautuu ikkuna (kuva 19), jossa määritellään katon muoto, kaltevuus, kattorakenteen paksuus ja katon korkeusasema. Harjalinja kytketään vielä harjan suuntaisiin räystäslinjoihin, jonka jälkeen ohjelma luo valmiin katto -objektin.

Kuva 19. Katon muodon määrittämissikkuna.

Kattotyökalu on helppo käyttää yksinkertaisen muotoisia kattoja mallintaessa. Kohteen katto on monimuotoinen, jonka takia mallinnuksesta tulee hankalaa. Katto joudutaan jakamaan pienempiin osiin, jotta sen mallinnus on edes mahdollista. CADMATICin vesikattotyökaluun on kuitenkin tulossa tämän vuoden aikana kattava uudistus.

7.13 IFC-vienti

Mallista saadaan IFC-vienti -työkalun avulla luotua IFC 2x3 standardin mukainen tietomalli. IFC asetuksista (kuva 20) saadaan määritettyä muun muassa, mitkä rakenteet viedään IFC-malliin. Samalla voidaan valita, luodaanko IFC-malli koko talosta vai vain tietyistä kerroksista. CADMATICissä IFC-mallin luominen on vai-

vatonta ja ensimmäisen kerran jälkeen, kun asetukset on määritetty, mallin luominen tapahtuu vain muutamalla klikkauksella. Kohteesta luotiin IFC-malli (liite 1). Malli lähetettiin tietomallikoordinaattorille eli tässä tapauksessa pääsuunnittelijalle, joka suoritti tietomallien yhdistämisen.

CADMATIC Building, IFC-vienti

Perusasetukset

☒ Vie kerrosmäärittysten rakennukset ja kerrokset sekä kaikki niissä olevat osat samaan IFC-tiedostoon: Rakennus: TA-Asumisoikeus OY Kerros: <Kaikki>

☐ Vie kaikki kuvassa kerrosrajoitusten määrittetyt kerrokset samaan IFC-tiedostoon, ylimmän kerroksen kerroskorkeus: 139300

☐ Vie kaikki aktiivisen kuvan osat samaan IFC-tiedostoon

☐ Vie valitut aktiivisen kuvan osat samaan IFC-tiedostoon

Kerros: K1

Kerroskorkeus: 2800 Lattiakorkeus: 0

Projektin tiedot

Rakennuspaikka (IfcSite)

Nimi: Tontti1 X: 0 Y: 0 Z: 0

Rakennus (IfcBuilding)

Nimi: Rakennus1 X: 0 Y: 0 Z: 0

Projektin nimi: Projektin kuvaus:

OK Peruuta Ohje

Kuva 20. IFC-asetukset.

8 KANNATTAVUUSVERTAILU

Mallinnuksesta tehtiin kannattavuusvertailu. Kannattavuusvertailussa tutkittiin mallinnuksen tuottavuutta, mallinnettaessa perinteisen 2D-rakennesuunnittelun lisänä. Kohteiksi, joihin kannattavuutta vertailtiin, valittiin käyttötarkoitukseltaan, rakenteiltaan ja kooltaan hyvin samankaltaisia kuin opinnäytetyössä mallinnettu kohde.

Mallinnuksen tuloksen osuus oli helppo erotella rakennesuunnittelusta, koska mallinnus tehtiin erikseen rakennesuunnittelusta. Vertailukohteissa kohteissa ei mallinnusta ollut, joten niiden hinta koostuu ainoastaan rakennesuunnittelusta. Referenssikohteet olivat vuosilta 2015 – 2019. Näistä kohteista laskettiin vertailtavista arvoista keskiarvot, joita vertailtiin opinnäytetyön kohteen vastaaviin arvoihin.

Opinnäytetyön kohteen työtunneista 68% kului rakennesuunnitteluun ja 32% mallinnukseen. Koska kohteessa oli rakennesuunnittelun lisäksi mallinnus, myös palkkion suuruus oli hieman suurempi. Palkkio yhtä neliömetriä kohden oli 17% vertailukohteiden keskiarvoa suurempi, mikä tarkoittaa, että mallinnuksen osuus kokonaistunneista saisi olla myös 17%, ettei tuotto laskisi mallinnettavissa kohteissa verrattuna 2D-rakennesuunnitteluna toteutettuihin kohteisiin.

Vertailussa huomataan, ettei mallinnus ole vielä riittävän tehokasta tuottavuuden kannalta. Arviossa ei ole huomioitu sitä, että suunnittelukohde oli yrityksen ensimmäinen, jossa oli mukana mallinnus. Mallinnuksessa suuri osa ajasta kului ohjelman opetteluun ja tietyille rakenneosille sopivan mallinnustyökalun löytämiseen ja mallinnusta nopeuttaa myös mallinnusprosessin kehittyminen ajan myötä yritykselle sopivammaksi. Rakennesuunnittelun kohteeseen teki yksi yrityksen kokeneimpia ja nopeimpia rakennesuunnittelijoita ja kohde oli rakennesuunnittelun kannalta melko helppo. Myös tämä vääristää hieman suhdelukua. Lisäksi kohteesta tehtiin tavanomaista matalampi tarjous, mikä vaikuttaa negatiivisesti mallinnuksesta saatavaan tuottoon. Korkeampi palkkio nostaisi suoraan mallinnuksen osuutta palkkiosta ja parantaisi siitä saatavaa tuottoa.

Vaikka mallinnusprosessin kehitys on vielä kesken, jäätiin kohteen suunnittelusta hyvin plussalle. Mallinnus voisi olla taloudellisesti hyvin kannattavaa suunnittelu-toimistolle, kun huomioidaan kaikki opinnäytetyössä mallinnetun kohteen mallin-nusta hidastavat tekijät. Ohjelman riittävä osaaminen mahdollistaisi rakenne-suunnittelun suoraan mallintamalla, mikä tehostaisi suunnitteluun kuluvan ajan käyttöä. Ainakin kokemattomalle mallintajalle muutosten teko on vielä aikaa vie-vää, joten mallinnus kannattaisi tehdä vasta, kun rakenteet ja rakenneratkaisut on varmistuneet. Jos rakennesuunnittelu tehtäisiin mallintamalla, olisi tehok-kainta tehdä suunnittelu vasta, kun muutoksia ei enää tule.

9 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, sopiiko CADMATIC Building 18 -mallinnusohjelma yrityksen käyttöön. Selvityksen kohteiksi rajattiin ohjelman mallinnusominaisuuksia, niiden käytön helppoutta ja toimivuutta. Kohteesta tehtiin rakennesuunnitelmat erikseen, joten työssä keskityttiin vain kohteen mallinnukseen.

CADMATICin käyttö oli helppo oppia ohjelman kehittäjän tarjoamien myCADS -verkkopalvelun avulla. Verkosta löytyy piirtämisen aloittamiseen opas ja ohjevideota, joissa ohjeistettiin mallinnustyökalujen käyttöä. Mallinnusohjelman käyttöön siirtymistä helpotti myös ohjelman samankaltaisuus yrityksessä jo käytössä olevan AutoCAD -piirustusohjelman kanssa sekä yksinkertainen ja suomenkielinen käyttöliittymä.

Kannattavuusvertailun arvio on hyvin karkealla tasolla tehty ja on tehty yritykselle vain suuntaa antavaksi vertailuksi. Yritykseltä löytyi sopivia vertailukohteita, joista oli kerätty tarvittavaa dataa kannattavuusvertailun suorittamiseksi. Vertailusta pyrittiin saamaan karkea arvio siitä, millä tasolla mallinnuksen kannattavuus on tällä hetkellä ja mille tasolle tulisi päästä. Vaikka vertailtavana oli ainoastaan yksi mallinnettu kohde, osoitettiin, että palvelua kannattaisi tarjota asiakkaille.

Ohjelman opetteluun kului näin alussa paljon aikaa eikä mallinnustyökalujen hyödyntäminen ollut vielä korkealla tasolla. Osaaminen kuitenkin paranee koko ajan ohjelman käytön jatkuessa. Tämän perusteella kannattavuusvertailussa esitetty tavoite on mahdollista toteuttaa mallinnuksen kehittyessä. Vertailua tullaan tekemään jatkossakin, kun mallinnukseen saadaan enemmän vertailukohteita. Suuremman data määrän avulla vertailusta tulee luotettavampi. Datan avulla mallinnuskohteiden tarjouslaskenta helpottuu ja mallinnuksen hinnoittelusta saadaan järkevä.

Ohjelmalla on mahdollista tehdä sekä rakenne- ja elementtisuunnittelu. Suunnittelualojen yhdistäminen samaan malliin ainakin korkeamman tarkkuustason tietomalleissa olisi tehokkain vaihtoehto. Tällä tavalla kumpikin suunnitteluala voisi hyödyntää toistensa jo suunnittelemaa ja mallintamia rakenteita. Yritys, jonne

opinnäytetyö tehtiin, tarjoaa kumpaakin suunnittelua, joten olisi järkevää ja välttämätöntä, että suunnittelijat tekisivät yhteistyötä mallinnuksessa. Suunnittelualojen yhteistyö ja kommunikaatio on tärkeimpiä asioita hyvän lopputuloksen takamiseksi.

Tietomallintaminen tuo rakennesuunnittelijalle aikaa säästäviä mutta myös aikaa enemmän vieviä osuuksia suunnitteluun. Mallintamisen vaikutus rakennesuunnitteluun kuluvaan aikaan ei täysin selviä opinnäytetyössä, koska kohteen rakennesuunnittelu tehtiin erikseen. Lisääjasta saatiin kuitenkin jonkinlainen käsitys. Lisätyötä rakennesuunnittelijalle tuo esimerkiksi seinien ja laattojen korkeuden määrittäminen jo tasokuva piirrettäessä, koska korot määritetään numeerisesti. Näin ollen vähintään hahmotelmien piirtäminen ennen tasojen mallinnusta on välttämätöntä. Korkeiden määrittäminen jo tasokuvaan nopeuttaa huomattavasti leikkauspiirustusten tekemistä, mikä tapahtuu automaattisesti leikkaustyökalulla. Työkalun avulla leikkauskuvasta saadaan päämitoiltaan, rakennetyypeiltään ja mallinnettujen raudoitteiden osalta oikeanlainen, mihin tarvitsee lisätä enää yksityiskohtia kuten mittaviivat ja tekstiselitteet. Kaikki mallinnuksen tuomat ajalliset haitat ja hyödyt huomioiden mallinnuksesta ei synny rakennesuunnitteluun ajallisesti suurta muutosta, edellyttäen että rakennesuunnittelija osaa käyttää ja hyödyntää mallinnusohjelman työkaluja. Jos suunnittelu on jo edennyt pitkälle ja tulee suuria muutoksia, silloin etenkin mallinnuksessa korostuu lisätyön määrä. Yrityksellä on tulevaisuudessa tavoitteena mallintaa rakennesuunnittelun ohella. Tämä vähentää yhden välikäden prosessissa ja mahdollisuuden virheille.

Korkeamman mallinnuksen tarkkuustason suunnittelukohteissa kannattaa ehdottomasti hyödyntää CADMATICin elementti toimintoja. Toimintojen käyttö on tärkeimmässä tarkkuustasossa välttämätöntä, jotta elementit saadaan mallinnettua. Tällä tavalla elementit saadaan mallinnettua samalla kun tehdään elementtipiirustus, joten elementin mallinukseen kuluva lisäaika on hyvin pieni. Elementtisuunnittelijan työtä helpottaa mahdollisuus poimia elementin muototiedot kuten päämitat sekä ikkuna- ja oviaukkojen paikat ja muodot rakennesuunnittelijan mallintamasta rakenteesta. Elementin muototietojen poimiminen valmiista rakenteesta tuo lisä varmuutta elementin paikkansapitävyydestä sekä vähentää yhteensovittamisia ja tarkastuksia. Tämä kuitenkin kasvattaa huomattavasti suunnittelun aikaa.

nittelijan vastuuta. Myös elementin leikkauskuvista saa tavanomaista 2D-suunnittelutapaa paljon nopeammin ja varmemmin oikeanlaisia automatisoidun leikkaustyökalun avulla. Ohjelmassa ja ProdLib -tuotekirjastossa on elementtiin tuleville vakio-osille valmiita objekteja, joita käyttäen tarvikkeet saa lisättyä helposti elementtiin. Esimerkiksi sähkö tarvikkeille ei ole kaikkia tarvittavia objekteja. Puuttuvat tarvikkeet pitää piirtää CADMATICin viivatyökaluilla tai siirtää elementtipiirustus AutoCAD -suunnitteluohjelmaan, missä elementtikuva viimeisteltäisiin.

Suunnittelijoiden yhteistyö voisi toimia esimerkiksi siten, että rakennesuunnittelija mallintaa tavanomaisesti rakenteet. Rakenteiden muodot olisi mallinnettu oikein, jotta ne tulisivat myös leikkauskuvaan oikeanlaisina. Rakennesuunnittelija määrittää tavallisesti elementtien saumojen paikat, joten se voisi samalla määrittää saumamuodot. Saumojen siirtely onnistuu, kunhan mallinnusta ei viedä liian pitkälle ennen kuin on varmuus mikä sauman lopullinen paikka on. Eli tässäkin asiassa kuten suunnittelussa muutenkin tarvitaan malttia. Saumamuodot saa helposti lisättyä CADMATICissä reunamuoto -työkalun avulla. Työn nopeuttamiseksi erilaiset reunamuodot voidaan tallentaa kirjastoon ja käyttää uudelleen. Saumojen sijoittelun voisi tehdä myös kokenut elementtisuunnittelija. Koska rakennuksen jokainen kerros mallinnetaan eri tiedostoihin, elementtisuunnittelija voi tehdä saumojen sijoittelun rakennesuunnittelijan siirtyessä suunnittelemaan seuraavaa kerrosta.

Ohjelman käytön ja valmiiden elementtipiirustuspohjien kehittyessä rakennesuunnittelija voisi määrittää elementtipiirustuksiin jo valmiiksi esimerkiksi seinämäisten palkkien sekä palkki- ja pilarielementtien vaadittavat raudoitukset. Ikkuna- ja oviaukkojen koon ja sijainnin määrittäisi rakennesuunnittelija ja elementtisuunnittelija määrittelee elementtipiirustusta luodessa oikeat reunadetaljit. Ohjelmassa on elementtipiirustusten tekoon nopeuttavia työkaluja. Esimerkiksi painopisteen ja nostolenkkien määrittäminen tapahtuu lähes automaattisesti. Massatiedot ja elementin dimensiot tulevat automaattisesti elementtipiirustukseen. Elementtisuunnittelu nopeutuu, kun suunnittelija oppii hyödyntämään kaikkia työkaluja. Yrityksessä pitää vielä pohtia sopivia työjärjestyksiä, tehtävien jakoa ja kuinka pitkälle elementtien mallinnus kannattaa viedä CADMATICissä. Nämä asiat riippuvat työntekijästä ja hänen osaamisestaan.

Työtä voisi kehittää tutkimalla, saadaanko ohjelman tietomallista helposti mallinnetun kohteen rakennesuunnitelmat riittävällä tasolla, joita voisi viimeistellä joko mallinnukseen käytetyllä CADMATIC -ohjelmalla tai tehdä viimeistelyn yrityksessä jo käytössä olevalla Autodeskin AutoCAD -ohjelmalla. Samoin tutkimusta voisi kehittää elementtisuunnittelun näkökannasta. Saisiko CADMATICistä elementtipiirustukset riittävällä tasolla, joita tarvitsisi vain viimeistellä. Tällöin mallinnustarkkuuden tulisi olla paljon tarkempi opinnäytetyössä tehtyyn mallinnustarkkuuteen verrattuna. Myös korkeampi mallinnustarkkuus onnistuu ohjelmalla.

CADMATIC Building 18 -mallinnusohjelmasta löytyi vielä puutteita, joiden korjaaminen sujuvoittaisi mallinnusta. Puutteista on oltu ohjelman kehittäjään yhteydessä, jotta ne voitaisiin korjata. Niitä oppii myös kiertämään, ettei mallinnus jumiuudu niihin. Ohjelman käyttöön siirtymiseen on muita mallinnusohjelmia pienempi samankaltaisuuden ansiosta AutoCAD -suunnitteluohjelman. Kannattavuusvertailun perusteella mallinnus on myös taloudellisesti kannattavaa. Tutkimuksen perusteella yritys jatkaa tietomallinnuksen kehitystä CADMATIC Building 18 -mallinnusohjelmalla. Työtä tehdessä on alustavasti alettu rakentamaan mallinnukseen menettelyohjeita, joissa kuvataan tapaa toimia mallinnuskohteiden suhteen. Ohjeisiin, tiedostoihin, tulosteisiin, lähtötietoihin ja muihin projektiin liittyviin viitetiedostoihin on rakennettu yrityksen sisäistä kansiorakennetta ja työohjeita työntekijöille.

LÄHTEET

Aatsalo, J. 2017. Kotkassa tehdään maailmanluokan suunnitteluohjelmistoja. Rakennuslehti. Muokattu 19.12.2017. Luettu 11.12.2020. <https://www.rakennuslehti.fi/kategoriat/suomea-rakentamassa/699058/kotkassa-tehdään-maailmanluokan-suunnitteluohjelmistoja-2/>

Anpe Oy. 2019. Virtuaali- ja lisätyn todellisuuden käyttäminen rakentamisessa. Julkaistu 25.02.2019. Luettu 10.4.2020. <https://www.anpe.fi/virtuaali-ja-lisatyn-todellisuuden-kayttaminen-rakentamisessa/>

Autodesk, Inc. n.d. Ominaisuudet, Tietomallinnusohjelmisto. Luettu 19.04.2020. <https://www.autodesk.fi/products/revit/features>

Betoniteollisuus Ry. 2012. Elementtisuunnittelun mallinnusohje.

Betoniteollisuus Ry. n.d. Tietoa sivustosta. Luettu 10.04.2020. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/tietoa-sivustosta>

BuildingSMART Finland. n.d. Standardit. Luettu 18.03.2020. <https://buildingsmart.fi/standardit/>

CADMATIC EAC Oy. n.d. CADMATIC Building. <http://www.cads.fi/ohjelmistot/cadmatic-building>

Karjalainen, A. 2010. Tietomallintaminen Senaatti-kiinteistöjen hankkeissa. Julkaistu 05.05.2010. Luettu 8.3.2020. <https://docplayer.fi/7957132-Tietomallintaminen-senaatti-kiinteistojen-hankkeissa.html>

Kuokkanen H. 2016. Rakennusliikkeen tietomalliohje arkkitehtisuunnitteluun. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Savonia-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Lemponen, M. 2011. Tietomallin analyysit ja simulaatiot rakennushankkeessa. Arkkitehtuurin koulutusohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö

Manninen, A-P. 2017. Rakennusesittely virtuaalitodellisuudessa. Tietojen käsittely. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Mittauspalvelu MP-Map Oy. n.d. Laserkeilaus. Luettu 09.03.2020. https://mp-map.com/palvelut/laserkeilaus/?gclid=EAlaIQobChMI-kYbcuq6L6AIV1eWaCh0wpwKCEAAYASAAEgJ52_D_BwE

Paakki, H. 2010. Tietomallintamisen hyödyntäminen rakennusliikkeessä. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Vaasan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Paappanen, J. 2011. Tietomalli- ja dokumenttipohjaisen rakennesuunnittelun vertailu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Saimaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

ProdLib Oy. n.d. Suunnittelijalle. Luettu 08.03.2020. <https://www.prodlib.com/about?lang=fi>,

RT 10-11066. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 1. Yleinen osuus. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT 10-11070. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 5. Rakennesuunnittelu. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT 10-11077. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT 10-11078. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT 10-11209. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. Tilaajan ohje. Mallinnustarkkuus. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT 103133. 2019. Rakennuksen laserkeilaus. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

Trimble Solutions Corporation. n.d. Historia. Luettu 19.04.2020. https://www.tekla.com/fi/tietoa-meista/lyhyesti?qt-view_referenced_tabs_block=0#qt-view_referenced_tabs_block

Trimble Solutions Corporation. n.d. Tuotteet, Tekla Structures. Luettu 19.04.2020. <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>

Wiiala, J-K. 2018. Lisätyn todellisuuden käytännön hyödyntäminen kiinteistöjen ylläpito- ja huoltotoiminnassa. Konetekniikka. Metropolia ammattikorkeakoulu. Insinöörityö.

LIITTEET

Liite 1. Kohteen IFC-malli

